

Design of AC to DC 3 Phase Fullwave Rectifier With Minimum THD and Unity Power Factor Use PID Fuzzy Switching Control

Drs.Irianto, MT¹, Ainur Rofiq, ST. MT,², Hendra Marinta Aditia³

¹Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

²Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

³Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri Program Studi D4

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email : hendradt@gmail.com

Abstract—3 Phase Fullwave rectifier is one of 3 phase voltage changes technics from 3 phase to DC voltage. Rectification process of diode will cause harmonics on input current so that the input current is distortion and cause phase shifting. With boost converter, besides increase voltage output, the result of rectification can be reduce low frequency harmonics and increase the input power factor. After that, appear new harmonics with high frequency because switching process on boost converter. Finally, this circuit will be complete with EMI filter so that obtain value of THD is 2.33% and power factor closed unity.

Key Words : 3 Phase Fullwave rectifier, Harmonics, Boost Converter, EMI Filter , Power Factor

I. PENDAHULUAN

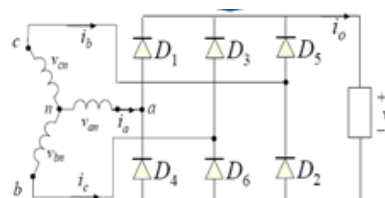
Teknik penyearahan adalah teknik konversi energi listrik arus bolak balik ke arus searah. Teknik ini sebenarnya sudah lama dikenal, dan hal ini terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi di bidang *power electronics* yang mencakup kemajuan pada segi-segi efisiensi, kepraktisan, kapasitas daya, maupun pengendalian dan penerapannya. Sementara itu perkembangan teknik penyearahan memberikan hasil keluaran tegangan DC yang berbeda. Perbedaan ini dikarenakan tiap-tiap teknik penyearahan memiliki parameter yang berbeda. Parameter tersebut mencakup harga rata-rata dan nilai ripple tegangan DC output, arus masuk ataupun faktor kerjanya. Ketika penyearah ini digunakan, maka permasalahan muncul pada sisi input yaitu bentuk arus yang tidak sinus lagi akibat pengaruh harmonisa, meskipun outputnya sudah bagus. THD pada penyearah 3 phase biasa tanpa filter C 24.25% dan pada beban motor DC dapat mencapai angka 35% . Nilai power faktor input juga menjadi rendah yaitu sekitar 0,75. Sehingga, penelitian disini mencoba untuk merancang desain konverter AC to DC tiga fasa full wave rectifier yang memiliki faktor daya mendekati unity dan memiliki THD minimum dengan metode switching boost converter menggunakan kontrol switching PID-fuzzy. Kelemahan dalam menggunakan metode ini terletak pada munculnya harmonisa frekuensi tinggi yang dihasilkan konverter akibat proses switching

sehingga diperlukan EMI filter pada sisi input untuk mereduksinya. Kontrol switching yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontrol konvensional PID (*Proporsional Integrator Differentiator*) dan kontrol Fuzzy logic. Dengan kontrol ini diharapkan dapat bekerja dengan baik pada beban DC.

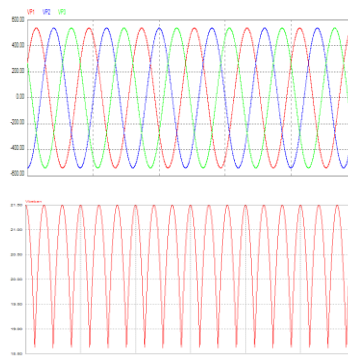
II. DASAR TEORI

A. AC to DC Rectifier 3 Fasa

Rangkaian AC to Dc fullwave rectifier merupakan rangkaian yang terdiri atas sumber 3 fasa dan 6 buah diode yang dapat mengubah tegangan 3 fasa menjadi tegangan DC. Rangkaiannya seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1 berikut :



Gbr 1. Rangkaian Penyearah 3 Fasa



Gbr 2. Gelombang Vinut dan output

Untuk menentukan besarnya tegangan dan arus dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m = 1.654 V_m \quad (1)$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L} \quad (2)$$

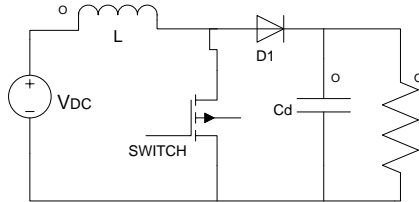
Sedangkan untuk menghitung besarnya arus fundamental dan arus harmonisa yang ditimbulkan

dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{s1} = \sqrt{6} / \pi \cdot I_{dc} = 0.78 I_{dc} \quad (3)$$

$$I_{sh} = I_{s1} / h \quad (4)$$

B.Boost Konverter



Gbr 3. Rangkaian Boost Konverter

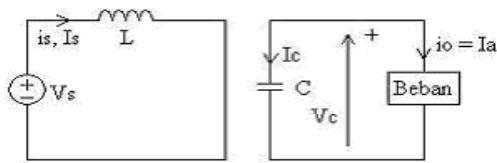
Prinsip kerja dari boost ini terbagi menjadi 2 mode yaitu :

Mode 1

Mode 1 dimulai ketika M_1 di on-kan pada $t = 0$. Arus masukan yang meningkat mengalir melalui induktor L dan Q_1 . Karena tegangan pada kapasitor masih 0 sehingga beban tidak mendapat supply tegangan saat M_1 pertama kali di on-kan.

$$\Delta i_{L(closed)} = \frac{V_d DT}{L} \quad (5)$$

Rangkaian ekivalen Mode 1 ditunjukkan pada Gambar dibawah ini :



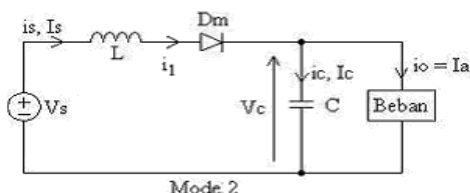
Mode 1
Gbr 4. Rangkaian Ekivalen Mode 1

Mode 2

Mode 2 dimulai pada saat M_1 di off-kan pada $t = t_1$. Arus yang mengalir melalui Q_1 akan mengalir melalui L , C , beban, dan diode D_m . Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban.

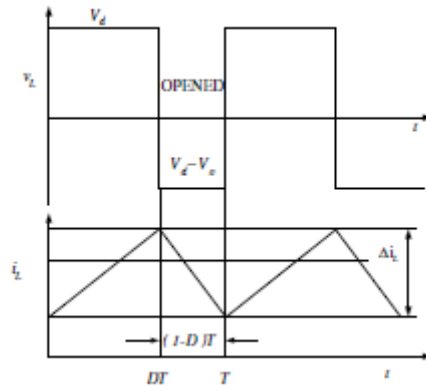
$$\Delta i_{L(opened)} = \frac{(V_d - V_o)(1-DT)}{L} \quad (6)$$

Rangkaian ekivalen Mode 2 ditunjukkan pada Gambar di bawah ini :



Mode 2
Gbr 5. Rangkaian Ekivalen Mode 2

Sedangkan gambar gelombang arus pada induktor adalah :



Gbr 6. Gelombang arus pada induktor

Dan tegangan keluaran rata – rata :

$$\Delta i_{L(closed)} + \Delta i_{L(opened)} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{V_d DT}{L} + \frac{(V_d - V_o)(1-DT)}{L} = 0 \quad (8)$$

$$V_o = \frac{V_d}{1-D} \quad (9)$$

C.Kontrol PID Fuzzy

Langkah penyusunan PID Fuzzy adalah sebagai berikut :

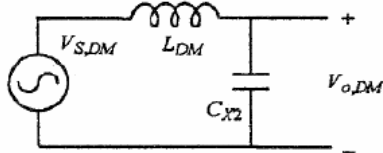
- Menentukan nilai K_p , K_i dan K_d yang digunakan pada kontrol PID dengan metode try and error. Kontroller Proportional – Integral – Defrensial (PID) memiliki persamaan fungsi alih sebagai penjumlahan dari gain proportional, gain integral dan gain defrensial atau $G_{pi} = G_p + G_i + G_d$, Fungsi alihnya adalah sebagai berikut :

$$U(t) = K_p * e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d de(t)/dt$$
- Menentukan fuzzyfikasi – proses memetakan nilai masukan sistem kedalam fungsi keanggotaan untuk menentukan resultan nilai kebenaran untuk setiap label (fungsi keanggotaan), hasilnya adalah masukan fuzzy
- Menentukan evaluasi Rule Perhitungan relatif yang dapat digunakan, atau “nilai kebenaran” tiap rule. Dalam inferen MIN-MAX, hal ini sama dengan nilai minimum antecedent (masukan fuzzy) untuk rule tersebut. Keluaran fuzzy dihitung dengan menentukan nilai maksimum rule strength untuk tiap label keluaran
- Menentukan proses defuzzyfikasi – Proses penghitung center of gravity (COG) seluruh keluaran fuzzy untuk variabel keluaran yang diberikan untuk menentukan nilai output yang diberikan. Output dari COG digunakan sebagai niali K_p dari kontroller PID

D.Filter Input

Pada saat pemasangan boost konverter, harmonisa frekuensi rendah berhasil dihilangkan dan power faktor input dapat mendekati unity, tetapi

disini muncul permasalahan baru akibat pemasangan boost konverter yaitu timbulnya harmonisa frekuensi tinggi akibat proses switching mosfet pada boost konverter dengan frekuensi switching sekitar 25kHz. Oleh karena itu, untuk meredam harmonisa frekuensi tinggi tersebut dipasanglah EMI filter pada sisi input. Gambarnya adalah :



Gbr7.Rangkaian ekivalen filter input

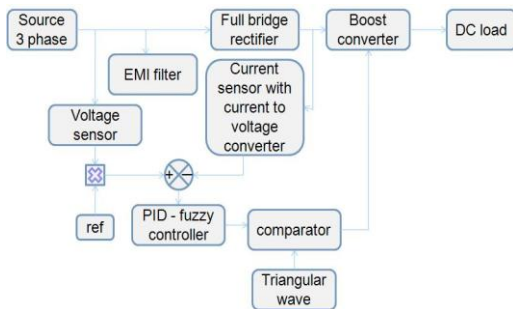
Untuk merancang filter diatas, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$i_{in,n} = \frac{X_{C_{in}} \cdot i_{ia,n}}{n^2 \cdot X_{L_{in}} - X_{C_{in}}} \quad (11)$$

$$\frac{X_{L_{in}}}{X_{C_{in}}} = \frac{1}{n^2} \left[\frac{i_{ia,n}}{i_{in,n}} + 1 \right] \quad (12)$$

$$\frac{X_{L_{in}}}{X_{C_{in}}} = \frac{1}{(fb-1)} \left[\frac{i_{ia,n,fb-1}}{i_{in,n}} + 1 \right] \quad (13)$$

III. METODE PENGONTROLAN



Gbr 8.Blok Diagram Sistem

Dengan melihat blok gambar 8 diatas tampak bahwa sensor tegangan dan sensor arus menyensor pada posisi input yang kemudian disearahkan untuk mendapat nilai error yang dihasilkan. Sebelum dibandingkan dengan nilai arus maka dipasang multification dengan tegangan referensi untuk mengatur arus input yang dibutuhkan.

Kontrol PID-fuzzy ini bertindak untuk meminimalkan error yang dihasilkan. Output dari PID kontrol ini akan diatur tegangannya dengan limiter sesuai output yang dihasilkan kontroller. Nilai ini kemudian dikomparator dengan gelombang gigi gerjaji untuk menghasilkan PWM pada gate MOSFET.

IV. HASIL PERCOBAAN MELALUI SIMULASI

Data parameter sumber 3 phasa yang digunakan dalam simulasi ini adalah :

Vin line-line 100 V

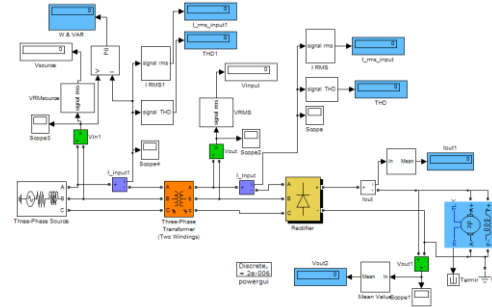
Iin line = 19,06 mA

Vout trafo line-line= 24 V

Iout trafo = 1.75 A

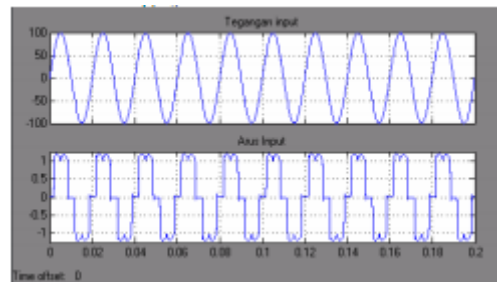
Vout DC = 30.76 V

Iout DC = 2.35 A



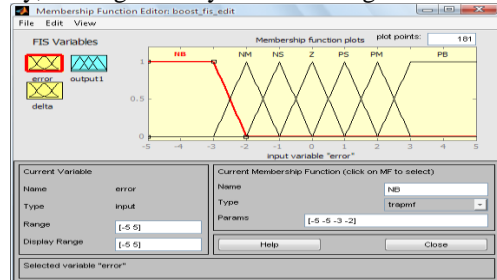
Gbr 9.Rangkaian konverter tanpa PFC

Sedangkan untuk gambar tegangan dan arus inputnya adalah sebagai berikut :

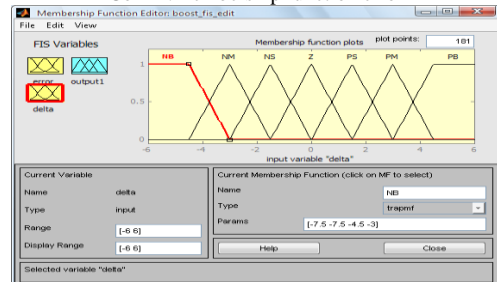


Gbr 10.Bentuk Tegangan dan arus input tanpa PFC

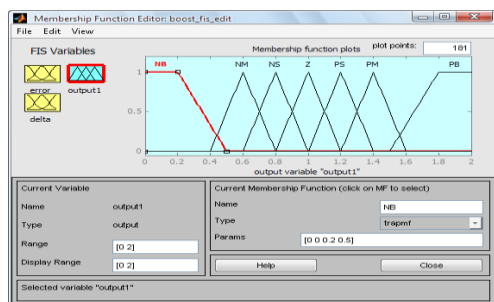
Sedangkan ketika menggunakan kontroller PID Fuzzy, maka gambarnya adalah sebagai berikut :



Gbr 11.Membership function error

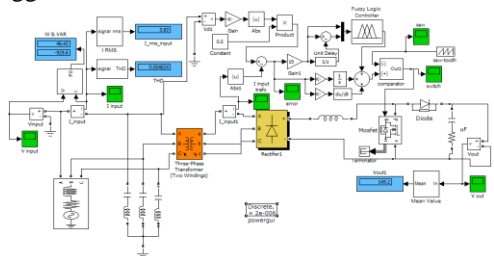


Gbr 12.Membership function delta error



Gbr 12.Membership function output

Hasil gelombang tegangan dan arus input setelah menggunakan PFC adalah :

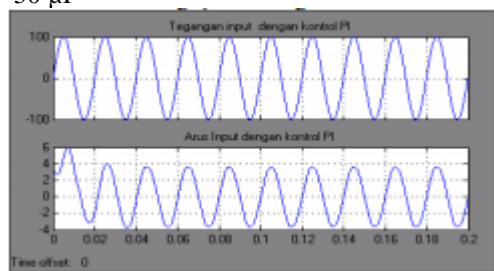


Gbr 13.Rangkaian Rectifier dengan PFC

Nilai untuk komponen filter input yang dipasang adalah sebagai berikut :

$L = 1.85 \text{ mH}$

$C = 50 \text{ }\mu\text{F}$



Gbr 14.Bentuk Tegangan dan arus input dengan PFC

DATA HASIL PENGUJIAN

Setelah dilakukan simulasi maka berikut adalah data THD dan power factor (PF) yang dihasilkan konverter AC to DC sebelum dan sesudah PFC :

Sebelum PFC		Setelah PFC	
PF	% THD	PF	% THD
0,75	35	0,99	2.33

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi rangkaian Fullwave rectifier 3 fasa dengan kontrol switching PID Fuzzy diatas dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Rectifier 3 phase murni tanpa kontrol PFC menghasilkan harmonisa arus input yang cukup tinggi yaitu sebesar 35%, sehingga arus input tidak berbentuk sinus lagi serta power faktor input menjadi rendah yaitu sebesar 0.75
2. Dengan menggunakan kontrol PFC PID Fuzzy untuk metode switching pada Boost konverter, maka terjadi perbaikan power faktor pada sisi input menjadi 0.99 dan THD arus input dapat ditekan di bawah 5%.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rashid, Muhammad H, 2001. "Power Electronics Handbook". Canada. ACADEMIC PRESS
- [2] Lander,W. Cyril, "Power Electronic Third Edition", McGraw-Hill International (UK) Ltd , Leicester, 1993.
- [3] Rashid,H. Muhammad, "Elektronika Daya", PT.Prehallindo ,Jakarta, 1993
- [4] Prabowo, Gigih, "Rectifiers (AC to DC Converters).pdf",Surabaya, 2004
- [5] Salam, Dr.Zainal, "Capter 2 AC to DC Conversion (Rectifier).pdf ",UTMJB Malaysia, 2003
- [6] Rochim, Saiful, 2006. "Rancang bangun AC to DC semikonferter 3 fasa dengan frekwensi rendah dengan control switching PID fuzzy". Surabaya. PENS-ITS
- [7] Ayub Windarko, Novie, 2005. "Aplikasi Boost Converter untuk Alat Bantu Sistem Penyimpan Energi pada Sistem Pembangkit Listrik Hibrid". Surabaya. PENS-ITS
- [8] Ronald, "Implementasi Fuzzy Logic Kontroller" pada Poengaturan Motor DC dengan Step Down Mode Power Supply ", PENS-ITS, Surabaya, 2000.